

## Projection device for parallax panoramagrams

**Patent number:** DE3529819  
**Publication date:** 1987-02-26  
**Inventor:** BOERNER REINHARD DIPL ING (DE)  
**Applicant:** HERTZ INST HEINRICH (DE)  
**Classification:**  
- international: **G03B35/18; H04N13/00; G03B35/18; H04N13/00;**  
(IPC1-7): G03B35/18; G02B27/22  
- european: G03B35/18; H04N13/00S4A1; H04N13/00S4B;  
H04N13/00S4L; H04N13/00S4P  
**Application number:** DE19853529819 19850816  
**Priority number(s):** DE19853529819 19850816; DE19873700525 19870108

**Also published as:**



DE3700525 (A1)

[Report a data error here](#)

### Abstract of **DE3529819**

In the case of a projection device for parallax panoramagrams, having a unidirectionally direction-selective projector screen, the panoramagrams produced by a plurality of projectors are repeated in a plurality of panorama areas. Image displays - without any additional optical aids - can be perceived there three-dimensionally from a plurality of perspectives. The invention makes use of the fact that the light beams en route from the projectors (Pn) to the lens-grid projection screen (LS/PS) are reflected by both the lens through which they pass on the outward path and by its adjacent cylindrical lenses to achieve the result that to produce the image stripes behind the cylindrical lenses, their adjacent lenses are also made use of. This means that the projectors (Pn) can be located in different panorama areas (PF). In consequence, their dimensions are non-critical. In addition, the projection screen (LS) is preferably constructed as an element having a cylindrical outline.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3529819 A1**

⑤1 Int. Cl. 4:  
**G03B 35/18**  
G 02 B 27/22

②1 Aktenzeichen: P 35 29 819.7  
②2 Anmeldetag: 16. 8. 85  
④3 Offenlegungstag: 26. 2. 87

DE 3529819 A1

⑦1 Anmelder:

Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin  
GmbH, 1000 Berlin, DE

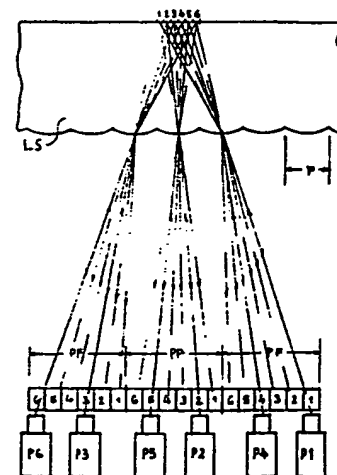
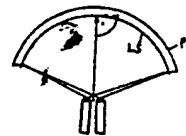
⑦2 Erfinder:

Börner, Reinhard, Dipl.-Ing., 1000 Berlin, DE

⑤4 Projektionseinrichtung für Parallax-Panoramagramme

Bei einer Projektionseinrichtung für Parallaxe-Panoramagramme mit einem unidirektional richtungsselektiven Projektorschirm wiederholen sich die von mehreren Projektoren erzeugten Panoramagramme in mehreren Panoramafeldern. Dort sind dreidimensional - ohne zusätzliche optische Hilfsmittel - Bilddarstellungen zu mehreren Perspektiven wahrnehmbar.

Die Erfindung nutzt die Tatsache, daß die Lichtstrahlen auf dem Weg von den Projektoren (Pn) zum Linsenraster-Projektionsschirm (LS/PS) sowohl durch die auf dem Hinweg durchstrahlte Linse als auch durch deren benachbarte Zylinderlinsen reflektiert werden, dazu aus, bereits zur Erzeugung der Bildstreifen hinter den Zylinderlinsen auch deren benachbarte Linsen heranzuziehen. Das bedeutet, die Projektoren (Pn) können sich in verschiedenen Panoramafeldern (PF) befinden. Damit sind deren Abmessungen unkritisch. Der Projektionsschirm (LS) ist zudem vorzugsweise als Zylindermantelstück ausgebildet.



DE 3529819 A1

## Patentansprüche

1. Projektionseinrichtung für Parallax-Panoramagramme mit einem unidirektional richtungsselektiven Projektionsschirm und mehreren Projektoren, wobei sich die erzeugten Panoramagramme in mehreren Panoramafeldern, in denen sich die Beobachter befinden können, wiederholen, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektoren ( $P_1, \dots, P_n$ ) in verschiedenen Panoramafeldern ( $PF_i$ ) angeordnet sind.
2. Projektionseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils einige der Projektoren ( $P_1, \dots, P_n$ ) ihre Standorte in einem der Panoramafelder ( $PF_i$ ) haben, dort jedoch in verschiedenen Höhenlagen ( $H_j$ ) angeordnet sind.
3. Projektionseinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils dieselben Höhenlagen ( $H_j$ ) für Standorte von Projektoren ( $P_1, \dots, P_n$ ) in den betreffenden Panoramafeldern ( $PF_i$ ) vorgesehen sind.
4. Projektionseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektoren ( $P_1, \dots, P_n$ ) mit Objektiven ausgerüstet sind, deren wirksame Öffnungen ca. 100 mm oder größer sind und seitliche Blenden ( $B$ ) aufweisen, die jeweils eine Lichtdurchtrittsöffnung mit der Breite entsprechend am Augenabstand — ca. 65 mm — festlegen.
5. Projektionseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektoren ( $P_1, \dots, P_n$ ) mit jeweils drei Projektionsröhren für die Primärfarben — rot, grün, blau — ausgerüstet sind.
6. Projektionseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Projektionsschirm ( $S$ ) auf seiner Vorderseite mit einem Raster aus elliptisch gekrümmten Zylinderlinsen ( $L$ ) im Rastermaß ( $p$ ) und auf seiner Rückseite mit einer Reflexionsschicht ( $R$ ), die eine Keule als Charakteristik für teilweise gerichtete Reflexion aufweist, ausgerüstet ist.
7. Projektionseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Projektionsschirm ( $S$ ) als Zylindermantelstück ausgebildet ist.
8. Projektionseinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Konvergenzpunkt der Projektoren ( $P_1, \dots, P_n$ ) in geringem Abstand vor der Mitte des Projektionsschirmes ( $S$ ) liegt.
9. Projektionseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur optischen Entzerrung die Objektive der weiter außen angeordneten Projektoren ( $P_1, \dots, P_n$ ) aus der eigenen optischen Achse entsprechend den Regeln des Strahlensatzes zur Mitte hin versetzt sind.
10. Projektionseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die maximale Anzahl ( $Z_{max}$ ) von Projektoren ( $P_1, \dots, P_n$ ) entsprechend der Formel

$$Z_{max} = \frac{p \cdot e}{a \cdot f}$$

bestimmt wird, wobei bedeuten:

$p$  = Rastermaß oder Pitch

$e$  = kürzeste Entfernung zwischen Objektiv und Projektionsschirm

$a$  = funktioneller horizontaler Abstand zwischen zwei Objektiven für die Erzeugung eines Stereobildpaares

$f$  = Brennweite der Zylinderlinsen.

## Beschreibung

Die Erfindung befaßt sich mit der dreidimensional wahrnehmbaren Bilddarstellung und bezieht sich auf eine Projektionseinrichtung für Parallax-Panoramagramme der im Oberbegriff des Anspruches 1 angegebenen Art.

Eine zusammenfassende Darstellung der Grundlagen und Entwicklungen auf dem Gebiet der "Three-Dimensional Imaging Techniques" vermittelt z. B. T. Okoshi (Academic Press, New York 1976) und für die "Stereoscopy" L. S. Dudley, ebenfalls Academic Press, New York — San Francisco — London, 1965 in "Applied Optics and Optical Engineering", Band II, Kapitel 2, Seiten 77 bis 117.

In jüngerer Zeit finden diese Entwicklungen wieder starkes Interesse im Zusammenhang mit den Fortschritten der optischen Nachrichtentechnik, insbesondere der Breitbandkommunikation, die neue Qualitäten für Fernsehsysteme und dergleichen ermöglicht. So gab beispielsweise J. F. Butterfield ein "Survey of threedimensional television" (vgl. Proc. Optics and Photonics Applied to Three-Dimensional Imagery — IMAGE 3-D —, Band 212, 26. bis 30. November 1979, Strasbourg (FR), Seiten 40 bis 47, und zum selben Anlaß berichteten A. Marraud, M. Bonnet, A. Rambourg über "Lenticular sheet 3-D pictures and 3-D Projections", vgl. a. a. O., Seiten 48 bis 51.

In "Proc. of the IEEE" Band 68, No. 5, Mai 1980, Seiten 548 bis 564 befaßt sich wieder T. Okoshi mit "Three-Dimensional Displays", und in "Proc. of SPIE", 21/22. April 1983, Genf (CH), Band 402, Seiten 129/132 erläutern M. Marraud und M. Bonnet die "restitution of a stereoscopic picture by means of a lenticular sheet".

Der in der Patentliteratur darüber hinaus noch dokumentierte Stand der Technik bezieht sich zum Teil auf Lösungen für sehr spezielle Aufgabenstellungen, für die häufig, jedenfalls bislang, keine oder keine breite Anwendung bekannt geworden ist. Bezüglich des Gegenstandes der vorliegenden Erfindung sind als technologischer Hintergrund beispielsweise zu erwähnen die DE-OSn 20 23 218, 27 27 642, 30 48 458 sowie die US-PSn 35 04 059, 34 82 913 und 35 08 920.

Für die Aufgabenstellung, die der Erfindung zugrunde liegt, ist insbesondere die weiter oben schon erwähnte Entwicklung auf dem Gebiet optischer Breitbandkommunikationssysteme von ausschlaggebender Bedeutung. Die immaterielle Verbreitung sehr hoher Informationsraten über optische Übertragungskanäle erlaubt infolge der hohen Kanalkapazitäten, auch Endeinrichtungen mit sehr viel höherem Bandbreitenbedarf als bisher üblich

vorzusehen. Für Verteildienste, bei denen eine große Zahl vom Empfängern an eine wesentlich geringere Zahl von Sendern anzuschließen ist, sind vor allem preiswerte Teilnehmer-Endgeräte für die Wiedergabe erforderlich. Erfahrungsgemäß werden die betreffenden Aufnahme- und Übertragungssysteme in verhältnismäßig kurzer Zeit geschaffen, wenn der Bedarf dafür durch bereits vorhandene Wiedergabe-Endeinrichtungen stark genug ist.

Die Erfindung zielt deshalb letzten Endes darauf ab, Endeinrichtungen für die Wiedergabe von räumlich wahrnehmbaren optischen Eindrücken zu schaffen und hat deshalb folgenden Forderungen zu erfüllen:

- a) Objekte im abgebildeten Raum sollen mit Tiefenwirkung wahrnehmbar sein;
- b) die Darstellungen sollen gleichzeitig von mehreren Betrachtern wahrgenommen werden können;
- c) die Betrachtungspositionen sollen in möglichst geringem Umfang ortsgebunden sein;
- d) die Betrachter sollen ohne zusätzliche optische Hilfsmittel auskommen;
- e) farbige,
- f) bewegte und
- g) großflächige Bilder — Diagonale etwa 2,5 m — darzustellen sein.

Da beispielsweise das sogenannte Anaglyphenverfahren sowie auch mit Licht in zwei verschiedenen Polarisierungen arbeitende Einrichtungen von den genannten Forderungen besonders wichtige nicht erfüllen können, insbesondere diese beiden bekannten Methoden auch jeweils nur ein Stereobildpaar, also nur eine Perspektive anbieten, beruht die Erfindung auf dem Prinzip der Erzeugung von Parallax-Panoramagrammen. Diese haben beispielsweise den besonderen Vorteil, daß der Betrachter mit Änderung seiner Position Einblicke auf ihm aus der bisherigen Position verdeckte Bildinhalte gewinnt, da mehr als zwei, in der Praxis zwischen drei und zwanzig Einzelansichten zur Verfügung gestellt werden, die jeweils paarweise eine neue Perspektive bieten.

In bereits weiter oben schon erwähnten Arbeiten von Okoshi werden nicht nur Anwendungen dieses Prinzips für die Herstellung von festen, stehenden Bildern, z. B. Postkarten und dgl., sowie zur Erzeugung von Bildprojektionen verglichen; es werden auch grundlegende Voraussetzungen genannt, unter denen aus wirtschaftlicher Sicht eine Realisierung derartiger Projektionseinrichtungen überhaupt denkbar ist.

Außer solchen grundsätzlichen Problemen, die für eine praktische Ausführbarkeit gelöst sein müssen, treten jedoch noch weitere Schwierigkeiten auf, die insbesondere mit der Größe der Projektionsfläche und deren Ausleuchtung zusammenhängen. Große Projektionsflächen, z. B. mit einer Diagonalen von ca. 2,5 m, erfordern lichtstarke Projektoren. Video-Projektoren, deren Objektive z. B. schon 15 cm Durchmesser haben, nehmen mehr Platz in Anspruch, als dem Augenabstand, 65 mm, entspricht. Eine Anordnung der einzelnen Projektoren übereinander, jeweils seitlich gegeneinander um das Augenabstandsmaß versetzt, führt zu erheblichen Abbildungsverzerrungen.

Die erfindungsgemäße, durch den Gegenstand des Hauptanspruches aufgezeigte Lösung schafft dadurch Abhilfe, daß die Projektoren in verschiedenen Panoramafeldern angeordnet werden. Diese Lösung beruht auf folgenden Überlegungen:

Als Panoramafelder werden diejenigen Bereiche bezeichnet, in denen die reflektierten Strahlenbündel sich jeweils wiederholend als Panoramagramme wahrnehmbar sind. Da die Bildstreifen, die von den Projektoren auf der Projektionsfläche hinter einer bestimmten Zylinderlinse erzeugt werden, also sowohl durch dieselbe als auch durch benachbarte Zylinderlinsen wahrzunehmen sind, lassen sich Ursache und Wirkung vertauschen, d. h. die Bildstreifen hinter einer bestimmten Zylinderlinse auch durch Einstrahlung durch benachbarte Zylinderlinsen erzeugen. Damit wird der Bereich, in dem sich die Projektoren befinden müssen, beträchtlich erweitert. Das bedeutet, die baulichen Abmessungen der Projektoren sind damit nicht mehr kritisch.

Bei Ausführungsformen der Erfindung sind auf jeden Fall drei, in der Regel fünf qualitativ gleichwertige Panoramafelder vorhanden. Wird ein Panoramagramm aus z. B. 20 übereinanderprojizierten Einzelansichten erzeugt, entfallen auf jedes der genannten fünf Panoramafelder jeweils vier Projektoren. Stehen hingegen z. B. nur drei Panoramafelder für die Aufstellung der Projektoren zur Verfügung, entfallen auf jedes Panoramafeld bis zu sieben Projektoren. Da Projektoren häufig breiter als hoch sind, kann es, trotz der weiter oben erwähnten Abbildungsverzerrungen, vorteilhaft sein, jeweils einige der Projektoren, die ihre Standorte in einem der Panoramafelder haben, dort in verschiedenen Höhenlagen anzuordnen. Bei mehreren Panoramafeldern sollten jeweils dieselben Höhenlagen vorgesehen sein. Wie die oben angeführten Beispiele erkennen lassen, reichen zwei verschiedene Höhenlagen aus.

Objektive mit großem Durchmesser, die bei Projektoren im Hinblick auf hohe Lichtstärke erforderlich sind, können allerdings ein Übersprechen bei Nebenbildern zur Folge haben. Dies läßt sich gemäß einer entsprechenden, bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dadurch vermeiden, daß bei Projektoren, die mit Objektiven ausgerüstet sind, deren wirksame Öffnung ca. 100 mm oder größer ist, seitliche Blenden den Strahlengang so begrenzen, daß jeweils eine Lichtdurchtrittsöffnung mit der Breite entsprechend dem Augenabstand — ca. 65 mm — festgelegt wird. Die Lichtstärke, wenn auch infolge der seitlichen Blenden die Lichtausbeute gegenüber einem völlig offenen Objektiv vermindert wird, ist im Vergleich zu einem Objektiv mit lediglich 65 mm Durchmesser sehr viel höher.

Bei den Ausführungsformen der Erfindung kommt vorzugsweise ein Projektionsschirm zum Einsatz, der auf seiner Vorderseite mit einem Raster aus elliptisch gekrümmten Zylinderlinsen im Rastermaß  $p$  und auf seiner Rückseite mit einer Reflexionsschicht, die eine Keule als Charakteristik für teilweise gerichtete Reflexion aufweist, ausgerüstet ist. Bei den Zylinderlinsen liegt die große Achse der Ellipsen parallel zur Schirmfläche. Das Verhältnis der großen zur kleinen Achse ist je nach Rastermaß  $p$  zu optimieren, wobei den Mittelstrahlen stärkere Bedeutung beigemessen wird als den Randstrahlen. Für den Bildaufbau sind die Mittelstrahlen wichtiger als die Randstrahlen, d. h. für die Randstrahlen können Abweichungen problemloser akzeptiert werden.

Bezüglich der Reflexionsschicht hat sich herausgestellt, daß diese nicht ideal matt sein sollte, sondern durch

Glanzanteil das Licht hauptsächlich senkrecht nach vorn und durch benachbarte Pitches, mit einer Keule als Charakteristik, reflektiert wird.

Ein weiterer, wesentlicher Vorteil von Ausführungsformen der Erfindung läßt sich erreichen, wenn der Projektionsschirm als Zylindermantelstück ausgebildet wird. Insbesondere für weitwinklige Projektion, bei der der Abstand Projektor/Schirm gleich oder kleiner ist als die Schirmbreite, läßt sich dadurch ein Zerfallen des räumlichen Bildes in seine Teilbilder vermeiden. Betrachter und Projektionseinrichtung können sich dann in etwa im gleichen Abstand vom Projektionsschirm befinden.

Dabei ist es möglich, den Konvergenzpunkt der Projektoren in geringen Abstand vor die Mitte des Projektionsschirmes zu legen. Dies bedeutet zwar eine, allerdings geringfügige, Verringerung der Bildqualität im mittleren Bereich, jedoch zugunsten einer Erhöhung der Bildqualität zum Rand hin.

Wie von der fotografischen Aufnahmetechnik bekannt, lassen sich zur Eliminierung perspektivischer Verzerrungen auch bei Ausführungsformen der Erfindung die Objektive weiter außen angeordneter Projektoren aus der eigenen optischen Achse entsprechend den Regeln des Strahlensatzes zur Mitte hin versetzen. Diese Maßnahme gilt sowohl für ebene als auch gekrümmte Projektionsschirme.

Die maximale Anzahl von Projektoren bestimmt die Anzahl der Perspektiven, die ein Panoramagramm bietet. Fällt beim Bewegen des Kopfes eines Betrachters in jedes Auge eines von zwei stereoskopisch zueinander konjugierbaren Bildern, bleibt der Stereo-Eindruck erhalten, solange die Bewegung nicht größer ist als der Bogen eines Winkels von etwa  $1^\circ$ . Eine größere Änderung der Betrachterposition bietet unter den genannten Voraussetzungen eine neue Perspektive, wobei schrittweise die Einzeldarstellungen, die vom linken und rechten Auge des Betrachters wahrgenommen werden, wechseln. An der Grenze zwischen zwei Panoramafeldern werden dem Betrachter sodann zwei Einzelansichten angeboten, die den sogenannten Pseudostereoeffekt hervorrufen, d. h. die dritte Dimension — Tiefenwahrnehmung — wird umgekehrt, da die Bildeindrücke für das linke und das rechte Auge vertauscht sind. Bei einer großen Anzahl von Projektoren können, insbesondere auch unter Ausnutzung des Pseudostereoeffekts, den Betrachtern z. B. auch völlig unterschiedliche Bildinhalte, jeweils in einer oder in mehreren Perspektiven geboten werden.

Für die maximale Anzahl von Projektoren gilt auch bei Ausführungsformen der Erfindung die Formel

$$Z_{\max} = \frac{p \cdot e}{a \cdot f}$$

wobei bedeuten:

$p$ [mm] = Rastermaß oder Pitchbreite

$e$ [mm] = kürzeste Entfernung zwischen Objektiv und Projektionsschirm

$a$ [mm] = funktioneller horizontaler Abstand zwischen zwei Objektiven für die Erzeugung eines Stereobildpaares (max. 65 mm)

$f$ [mm] = Brennweite der Zylinderlinsen.

Der Abstand der Betrachter vom Projektionsschirm soll etwa der Diagonalen entsprechen und ist praktisch mit dem Abstand zwischen Projektionsschirm und Projektionseinrichtung gleichzusetzen. Die Pitchbreite bestimmt den Grenzwert für die Bildauflösung und ist also durch physiologisch optische Parameter für bestimmte Betrachterabstände vorgegeben. Die Brennweite der Zylinderlinsen hängt ab von der Form ihrer Krümmung sowie vom Brechungsindex des Linsenmaterials. Damit sind diese Parameter nur geringfügig veränderbar und von geringem Einfluß auf die maximale Projektorzahl. Der Minimalwert für  $a$  ist aufgrund der erfindungsgemäßen Lösung für die Anordnung der Projektoren nicht mehr von den Objektiv- und Gehäuseabmessungen der Projektoren abhängig und kann mit dem sogenannten freien Durchmesser eines Objektivs gleichgesetzt werden, der nur ein Bruchteil, z. B.  $1/5$  der Gehäusebreite eines Projektors, beträgt. Der Einfluß dieses Parameters auf die maximale Anzahl der Projektoren ist also außerordentlich beachtlich.

Beispielsweise ergibt sich mit

$p = 0,6$  mm

$e = 3000$  mm

$f = 3$  mm

und  $a = 30$  mm

für  $Z_{\max} = 20$ .

In diesem Zusammenhang ist noch folgender Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung von praktischer Bedeutung: Die Herstellung eines Projektionsschirmes mit Linsenraster ist verhältnismäßig aufwendig. Wenn man dabei z. B. für  $p$  und  $f$  mittlere Werte wählt, die einen Einsatz auch in größeren und kleineren Projektionsanlagen erlauben, ist eine preisgünstigere Herstellung möglich. Die Wiedergabequalität, insbesondere auch ein kontinuierlicher Übergang zwischen den einzelnen Bildstreifen, d. h. die Vermeidung eines Flimmerns oder "image flipping", kann auf einfache Weise durch geringfügige Veränderung der Standorte der Projektoren herbeigeführt werden.

In der Zeichnung sind schematisch mehrere Einzelheiten zur näheren Erläuterung der Erfindung und deren Ausführungsformen dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1: die optischen Verhältnisse für Akkomodation und Konvergenz;

Fig. 2: ein Beispiel für räumliches Sehen;

Fig. 3: die optischen Bedingungen für räumliches Sehen;

Fig. 4: das Prinzip der Wahrnehmung und

Fig. 5: das Prinzip der Erzeugung von Parallax-Panoramagrammen mittels Linsenraster;

Fig. 6: stereoskopische Projektion in Linsenraster und Betrachterposition;

Fig. 7 und 8: Strahlenverlauf für Projektion und Reflexion in Linsenrasterschirmen — ohne (Fig. 7) und mit

Krümmung (Fig. 8) — im mittleren und äußeren Schirmbereich;

Fig. 9: Haupt- und Nebenbildbereiche (Panoramafelder) bei einer Projektionseinrichtung mit Linsenraster-schirm;

Fig. 10: den Verlauf repräsentativer Strahlen des Haupt- und der Nebenbilder im Linsenraster;

Fig. 11: die Charakteristik der Abstrahlungsverteilung einer Reflexionsschicht;

Fig. 12: optisch-mathematische Parameter für Linsenraster;

Fig. 13: einen Ausschnitt eines Linsenrasterschirmes mit elliptisch gekrümmten Zylinderlinsen;

Fig. 14: das erfindungsgemäße Prinzip der Anordnung der Projektoren einer Projektionseinrichtung für Parallax-Panoramagramme in verschiedenen Panoramafeldern;

Fig. 15: die Anwendung des Prinzips gemäß Fig. 14 auf Projektionseinrichtungen mit Projektionsröhren für die drei Primärfarben — rot, grün, blau —;

Fig. 16 und 17: Projektoroptiken mit seitlichen Blenden

und Fig. 18: ein Bild mit den optischen-mathematischen Parametern für die Bestimmung der maximalen Anzahl von Projektoren.

Anhand der Fig. 1 werden zunächst die optischen Vorgänge im Auge veranschaulicht.

Die hinter der Hornhaut liegende Linse des Auges projiziert auf die den hinteren Augapfel bedeckende Netzhaut ein Abbild des beobachteten Raumes. Mit Hilfes des Ciliarmuskels wird — je nach Betrachtungs-entfernung  $e$  — die Oberflächenkrümmung der Linse und damit deren Brennweite beeinflusst. Bei entsprechender Entfernungseinstellung der Augen (Akkomodation) auf ein beobachtetes Objekt  $X$  kommen gleichzeitig durch einwärts gerichtetes Drehen der im Augenabstand  $b$  befindlichen Augäpfel die Blicklinien beim Objekt  $X$  zum Schnitt (Konvergenz). Der Konvergenzwinkel wird mit  $\alpha$  bezeichnet.

Die Netzhaut oder Retina stellt als innere Augenhaut die lichtempfindliche Schicht dar. In der Netzhautgrube (Fovea centralis), die von ovaler Gestalt ist, erfolgt scharfe Objektwahrnehmung, und zwar horizontal unter einem Winkel zwischen etwa  $3^\circ$  bis  $7^\circ$  und vertikal unter etwa  $3^\circ$  bis  $5^\circ$ . Bei der normalen kürzesten Sehweite von  $e = 25$  cm entspricht das einem Objektbereich von  $(30 \times 20)$  mm<sup>2</sup>. Da das Sehgrübchen aus etwa 30.000 Zapfenzellen besteht, hat das Auge nur ein begrenztes Auflösungsvermögen, das als minimaler Sehwinkel von  $1'$  definiert ist. D. h. das Auge ist nicht in der Lage, feinere Rasterpunkte oder -linien als solche unter diesem Winkel angebotene zu unterscheiden.

Wie Fig. 2 zeigt, wird im Raum ein Objekt mit den Eckpunkten  $O, P, Q$  von beiden Augen, deren gegenseitiger Abstand  $b$  ca. 65 mm beträgt, von verschiedenen Orten aus betrachtet und zwar so, daß der Punkt  $P$  fixiert wird. Dabei entstehen auf der Netzhaut des linken und rechten Auges Abbildungen  $O'$  und  $Q'$  der Ortpunkte  $O$  und  $Q$  des Objektes in unterschiedlicher Entfernung von den Abbildungen  $P'$ . Diese Abweichungen werden als Quer-dispersion bezeichnet.

Bei der Stereoskopie werden den Augen gleichzeitig zwei Bilder, die aus unterschiedlicher Perspektive aufgenommen sind, für jedes Auge getrennt angeboten. Diese erzeugen einen räumlichen Bildeindruck. Der Fusionierung derartiger Teilbilder sind Grenzen gesetzt.

Zwei stereoskopische Teilbilder werden üblicherweise mit einem seitlichen Versatz — der Stereobasis — von 65 mm aufgenommen.

Es können auch bewegte Szenen aufgenommen werden. Ist keine zeitliche Übereinstimmung der Teilbilder erforderlich, so können mit nur einer Kamera durch seitlichen Versatz die beiden oder eine Anzahl von Bildern aufgenommen werden.

In Fig. 3 ist dargestellt, wie die Verbindungslinien eines Nahpunktes  $P_N$  und eines Fernpunktes  $P_F$  mit den jeweiligen Linsenmittelpunkten in Bezug auf eine gedachte Ebene  $E$  äußere und innere Schnittpunkte bilden; diese begrenzen die Strecken  $d_A$  und  $d_s$ , deren Differenz als Betrag von  $\delta$ , der stereoskopischen Differenz, ausgedrückt wird. Ein Bereich, in dem der Winkelbetrag  $\delta$  von  $5''$  bis  $10''$  unterschritten wird, kann nicht mehr räumlich wahrgenommen werden. Zur Wahrnehmung der räumlichen Tiefe beim plastischen Sehen wird als oberer Wert  $\delta_{max} = 70'$  in der Literatur angegeben.

Die Fig. 4 und 5 zeigen im Prinzip die Entstehung von Parallax-Panoramagrammen. Hierbei werden dem Betrachter mehrere, z. B. 6 Einzeldarstellungen, d. h. fünf verschiedene Perspektiven angeboten. Der Betrachter gewinnt also mit Änderung seines Blickwinkels neue räumliche Perspektiven der Objekte im abgebildeten Raum, d. h. ihm wird der Blick auf ihm bisher verdeckte Bildinhalte geboten, wenn er seine Betrachtungsposition ändert. Der Raumbildeffekt wird durch die richtungsselektive Wirkung eines Linsenrasters erzeugt, wobei der Raumeindruck jeweils von einem Paar einer Reihe von Stereo-Teilbildern 1, ..., 6 hervorgerufen wird, die linienförmig hinter Zylinderlinsen liegen, welche sich auf der Vorderfläche eines Linsenrasterschirmes  $LS$  befinden.

Sind aus unterschiedlichen Blickwinkeln jeweils andere stereoskopisch einander zugeordnete Bildpaare unter dem Linsenraster sichtbar, wird auch eine entsprechende andere räumliche Perspektive wahrgenommen. In Fig. 4 hat das linke Auge den Bildstreifen 4 und das rechte Auge den Bildstreifen 3 erfaßt. Bewegt der Beobachter das Augenpaar nach links, kommen zunächst das Paar 4, 5 und sodann das Paar 5, 6 in sein Blickfeld.

Alle Stereo-Teilbilder werden, wie Fig. 5 zeigt, von den betreffenden Projektoren  $P_n$  ( $n = 1, \dots, 6$ ) übereinander auf einen Projektionsschirm  $PS$  geworfen. Auf dem Hinweg der Strahlen werden die Stereo-Teilbilder vom Linsenrasterschirm  $LS$ , der sich auf der Vorderfläche des Projektionsschirmes  $PS$  befindet, in die betreffenden Bildstreifen fokussiert. Die reflektierten Lichtstrahlen der Stereo-Teilbilder treten aus demselben Linsenraster  $LS$  aus und werden dem Betrachter getrennt für jedes Auge sichtbar.

Wie Fig. 6 erkennen läßt, wird ein in einen ebenen Linsenrasterschirm  $LS$  projiziertes Bild für einen Betrachter in unmittelbarer Nähe der Projektionsoptik seinen gleichmäßigsten und hellsten Eindruck bieten, da sich dort die Augen im Strahlengang aller in den Linsenrasterschirm  $LS$  eintretenden und wieder austretenden Strahlen befinden.

Der Bereich für die Betrachterpositionen ist jedoch nicht extrem begrenzt. Tritt der Betrachter auf den Projektionsschirm *PS* zu, so ist schließlich in den äußeren Bereichen des Schirms kein räumlicher Bildeindruck mehr möglich (vgl. Fig. 7).

Der Abstand der Betrachter *K* vom Projektions- bzw. Linsenrasterschirm *LS* soll in der Praxis in etwa der Bilddiagonalen entsprechen. Wird nun, wie in Fig. 8 dargestellt, der Projektions- bzw. Linsenrasterschirm *LS* eindimensional gekrümmt, ergibt sich eine verbesserte Helligkeitsverteilung auf dem Projektorschirm *PS*, besonders in den seitlichen Randzonen. Um auf der gesamten Breite des Schirmes räumliche Bilder sichtbar zu machen, ist die Projektionsfläche so zu krümmen, daß die jeweils durch die Augen verlaufenden Hauptstrahlen der Projektoren in die gleiche Richtung reflektiert werden.

In Fig. 9 ist der Schirm *PS/LS* — der Einfachheit der Darstellung halber — als ebener Schirm dargestellt. Wie nach den vorstehenden Erläuterungen ersichtlich, werden dabei mehrere Panoramafelder *PF* erzeugt.

Das heißt: Nimmt ein Betrachter *K*, von einem zum anderen Panoramafeld *PF* fortschreitend, wechselnde Positionen ein, so wird er in den einzelnen Panoramafeldern sich ständig verändernde Panoramabilder wahrnehmen und in den Grenzbereichen zwischen den Panoramafeldern, soweit sich auch dort ein Projektor befindet, jeweils einen pseudoskopischen Bildeindruck erhalten, bei dem der Wechsel von rechtem und linkem Teilbild die Vertauschung von vorderem und hinterem Raumbildinhalt bewirkt.

Die für die Bildqualität wichtigsten Strahlen der Seitenbilder mit den Bezeichnungen  $M = 0$  bis  $M = 5$  — vgl. auch Fig. 10 — sind mit Hilfe eines Rechnerprogramms für Projektorentfernungen  $EP = 3000$  mm und  $6000$  mm und für eine repräsentative Plattendicke von  $T = 4$  mm ermittelt worden und nachfolgend angegeben:

20	<i>Z GES</i>	=	Projektorzahl			
	<i>EP</i> (mm)	=	Betrachtungs-/Projektionsabstand			
	<i>AP</i> (mm)	=	Abstand Projektor/Projektor Augenabstand			
25	<i>ZP</i> (mm)	=	Abstand reflektierter Linsenstrahl/Screenachse			
	<i>P</i> (mm)	=	Pitchbreite			
	<i>T</i> (mm)	=	Dicke			
	<i>R</i> (mm)	=	Linsenradius			
30	<i>Y</i> (mm)	=	Strahlenablenkung			
	<i>N</i>	=	Brechungsindex			
	<i>M</i>	=	Pitchfaktor			
35	<i>N</i>	=	1,5			
	<i>AP</i>	=	65 (mm)			
	<i>Z GES</i>	=	6			
40				<i>EP</i> = 3000 (mm)		
	<i>P</i>	=	0,346 (mm)			
	<i>T</i>	=	4,000 (mm)			
45	<i>R</i>	=	1,340 (mm)			
		innen	Mitte		außen	
	<i>M</i> = 0	<i>ZP</i> (mm) = 0	<i>ZP</i> (mm) = 0		<i>ZP</i> (mm) = 0	
50	<i>M</i> = 1	<i>ZP</i> (mm) = 396	<i>ZP</i> (mm) = 391		<i>ZP</i> (mm) = 390	
	<i>M</i> = 2	<i>ZP</i> (mm) = 813	<i>ZP</i> (mm) = 794		<i>ZP</i> (mm) = 785	
	<i>M</i> = 3	<i>ZP</i> (mm) = 1267	<i>ZP</i> (mm) = 1221		<i>ZP</i> (mm) = 1195	
55	<i>M</i> = 4	<i>ZP</i> (mm) = 1783	<i>ZP</i> (mm) = 1689		<i>ZP</i> (mm) = 1633	
	<i>M</i> = 5	<i>ZP</i> (mm) = 2409	<i>ZP</i> (mm) = 2225		<i>ZP</i> (mm) = 2116	
				<i>EP</i> = 6000 (mm)		
60	<i>P</i>	=	0,173 (mm)			
	<i>T</i>	=	4,000 (mm)			
	<i>R</i>	=	1,335 (mm)			
65		innen	Mitte		außen	
	<i>M</i> = 0	<i>ZP</i> (mm) = 0	<i>ZP</i> (mm) = 0		<i>ZP</i> (mm) = 0	
	<i>M</i> = 1	<i>ZP</i> (mm) = 391	<i>ZP</i> (mm) = 390		<i>ZP</i> (mm) = 390	

innen	Mitte	außen	
$M = 2$ $ZP$ (mm) = 787	$ZP$ (mm) = 783	$ZP$ (mm) = 781	
$M = 3$ $ZP$ (mm) = 1191	$ZP$ (mm) = 1182	$ZP$ (mm) = 1176	5
$M = 4$ $ZP$ (mm) = 1600	$ZP$ (mm) = 1589	$ZP$ (mm) = 1578	
$M = 5$ $ZP$ (mm) = 2036	$ZP$ (mm) = 2009	$ZP$ (mm) = 1989	
$Z_{GES} = 12$			10
	$EP = 3000$ (mm)		

$P = 0,690$ (mm)			
$T = 4,000$ (mm)			15
$R = 1,355$ (mm)			

innen	Mitte	außen	
$M = 0$ $ZP$ (mm) = 0	$ZP$ (mm) = 0	$ZP$ (mm) = 0	20
$M = 1$ $ZP$ (mm) = 842	$ZP$ (mm) = 791	$ZP$ (mm) = 782	
$M = 2$ $ZP$ (mm) = 1926	$ZP$ (mm) = 1683	$ZP$ (mm) = 1597	
$M = 3$ $ZP$ (mm) = 4082	$ZP$ (mm) = 2855	$ZP$ (mm) = 2536	25
$M = 4$ — —	$ZP$ (mm) = 4881	$ZP$ (mm) = 3743	
$M = 5$ — —	$ZP$ (mm) = 14688	$ZP$ (mm) = 5532	
	$EP = 6000$ (mm)		30

$P = 0,346$ (mm)			
$T = 4,000$ (mm)			35
$R = 1,340$ (mm)			

innen	Mitte	außen	
$M = 0$ $ZP$ (mm) = 0	$ZP$ (mm) = 0	$ZP$ (mm) = 0	
$M = 1$ $ZP$ (mm) = 793	$ZP$ (mm) = 782	$ZP$ (mm) = 781	
$M = 2$ $ZP$ (mm) = 1627	$ZP$ (mm) = 1588	$ZP$ (mm) = 1570	40
$M = 3$ $ZP$ (mm) = 2534	$ZP$ (mm) = 2442	$ZP$ (mm) = 2390	
$M = 4$ $ZP$ (mm) = 3567	$ZP$ (mm) = 3379	$ZP$ (mm) = 3266	
$M = 5$ $ZP$ (mm) = 4819	$ZP$ (mm) = 4451	$ZP$ (mm) = 4232	45

Für die Projektion im Linsenraster muß auf die Rückseite des Projektionsschirms  $PS$  eine möglichst lichtundurchlässige Reflexionsschicht aufgetragen werden. Weiterhin sollte die reflektierende Schicht nicht ideal matt sein, sondern durch Glanzanteil das Licht hauptsächlich durch benachbarte Pitches reflektieren. Als Charakteristik hierfür ergibt sich eine in Fig. 11 dargestellte Keulenform.

Aus Versuchen mit aufgetragenen Farben ergab hochreflektierende Aluminiumfarbe die besten Ergebnisse. Diese wurden dann bei weitem übertroffen durch auf der Klebeseite mattglänzende Aluminiumfolie, mit der die zu einem Schirm zusammengesetzten Linsenrasterplatten beschichtet wurde.

Bezüglich der Projektion von Parallax-Panoramagrammen sind zunächst noch die folgenden allgemeinen Erläuterungen als Hintergrundinformation für die Beschreibung der weiteren Ausführungsformen der Erfindung gedacht.

In der Fotografie wird ein Kameraobjektiv, dessen Brennweite  $FK$  gleich der Formatdiagonalen  $D$  des Filmbildes ist, als ein Normalobjektiv bezeichnet (im Gegensatz zu kurzbrennweitigen Weitwinkelobjektiven und langbrennweitigen Teleobjektiven).

Für  $H = 24$  mm und  $B = 36$  mm ergibt sich beim sogenannten Kleinbildformat  $FK = D = 43,3$  mm. Die Praxis hat gezeigt, daß eine fotografische Vergrößerung oder ein projiziertes Bild, das ursprünglich mit einem Normalobjektiv aufgenommen wurde, seine plastischste Wirkung erzielt, wenn es aus der Entfernung der Formatdiagonalen betrachtet wird. Dann werden die Bildhöhe und -breite, unabhängig von der Formatgröße, bei Aufnahme und Wiedergabe unter den gleichen Blickwinkeln gesehen. Für Ausführungsformen der Erfindung soll das Seitenverhältnis des Kleinbildformats von  $24:36 = 2:3$  berücksichtigt werden. Der horizontale Blickwinkel  $\beta_H$  ist dabei  $45^\circ$ , entsprechend der vertikale Blickwinkel  $\beta_V = 30^\circ$ . Das Höhen-Breiten-Verhältnis ist übrigens bei üblichen Fernsehschirmen  $3:4$ , also ähnlich.

Aus praktischen Erwägungen — Abmessungen der Projektionsräume, Anzahl der Projektoren und deren



Optiken und Beleuchtungssysteme und unter Berücksichtigung des später auch erfolgenden Einsatzes von Videoprojektoren — soll die Diagonale der Projektionsfläche mit  $D = 2500$  mm festgelegt werden. Damit ergeben sich bei beibehaltenem Seitenverhältnis von 2:3 die Höhe  $H = 1387$  und die Breite von  $B = 2080$  mm.

Ist weiterhin der Betrachterabstand  $e = 3000$  mm, also etwa der Diagonalen entsprechend, so ergibt sich aus dem weiter oben bereits erwähnten minimalen Sehwinkel von  $1'$  eine minimal auflösbare Bildstruktur von 0,87 mm. Das bedeutet, bei vertikal verlaufenden Zylinderlinsen des Linsenrasters sollte der Pitchwert  $p = 0,87$  mm nicht überschritten werden, um unsichtbar zu bleiben.

Für die Projektion auf einen solchen Linsenrasterschirm sollen z. B. mit Projektoren, die seitlich nebeneinander aufgebaut sind, Stereodiaspositive im Format  $(24 \times 36)$  mm<sup>2</sup> übereinanderprojiziert werden.

Geht man von einer ebenen Projektionsfläche aus, so ergibt sich bei einer Anordnung, wie sie in Fig. 5 dargestellt ist, zwangsläufig eine trapezoide Verzeichnung der projizierten Bilder. Je weiter ein Projektor von der Mittelachse, die senkrecht auf der Schirmmitte steht, entfernt ist, umso mehr werden sich die Verzerrungen bemerkbar machen.

Diese Verzerrungen sind horizontal und vertikal festzustellen. Wirkt sich die vertikale Verzerrung bei der Verschmelzung von Stereobildern innerhalb gewisser Grenzen nur als Unschärfe aus, so bedingt ein horizontaler Versatz eine Veränderung der Tiefenwahrnehmung. Die einander zugeordneten Bildpunkte haben sich seitlich gegeneinander verschoben.

Ein aus der fotografischen Aufnahmetechnik bekanntes Verfahren, perspektivische Verzerrungen zu eliminieren, besteht in einem nach den Gesetzen des Strahlensatzes parallelen Verschieben der Kameraoptik zur Filmebene bzw. der Filmebene zur Kameraoptik. Das bedeutet für Ausführungsformen der Erfindung: Werden Projektoren parallel zur Projektionsebene angeordnet, so können Diaspositive deckungsgleich projiziert werden, wenn diese gegenüber der optischen Achse um einen vom seitlichen Versatz der Projektoren und der Projektionsentfernung abhängigen Betrag verschoben werden.

Bei großen Flächen ist es, wie bereits erwähnt, vorteilhaft, den Projektionsschirm zur Steigerung der Selektivität der Einzelbilder zu krümmen. Wenn Betrachter und Projektionslinse im gleichen Bereich sind, kann die Krümmung z. B. kreisförmig in der Horizontalen sein. Projektoren sind häufig wegen ihrer Abmessungen an sich neben- und übereinander anzuordnen, um die Bedingung zu erfüllen, daß der Abstand von Objektiv zu Objektiv den Grenzwert des Augenabstands von 65 mm nicht überschreitet. Dadurch entsteht ein weiterer Fehler, der als Bildhöhendifferenz bezeichnet wird. Diese Abweichung ist nur zu reduzieren, wenn der Höhenunterschied zwischen Projektoren möglichst gering ist und der Fehler in der wichtigeren Bildmitte kleiner als am Rande gehalten wird.

Die Tiefe des Raumes in Relation zu seiner Breite ist eine konkrete Aussage über den räumlichen Eindruck. Bei der Wiedergabe von Stereobildern ist von größter Bedeutung, um wieviel dieser Eindruck in Bezug auf die aufgenommene Realität vermindert oder verstärkt wird. Das Maß hierfür wird als Stereofaktor bezeichnet.

Es gibt Erfahrungswerte aus der Literatur, wonach ein Stereofaktor von 0,5 als normal wahrgenommen wurde, während ein kleiner Wert als vermindert und ein größerer Wert als verstärkt empfunden werden.

Versuche, die im Zusammenhang mit den Arbeiten an der Erfindung durchgeführt wurden, haben gezeigt, daß — sehr in Abhängigkeit der Bildinhalte — auch weitaus niedrigere Werte als natürlich akzeptiert werden. Das ist von außerordentlicher Wichtigkeit, da die Fusionierung der nächsten und fernsten Bildinhalte bei Ausnutzung der 70°-Bedingung größte Sehanstrengungen verursacht. Speziell bei Außenaufnahmen mit weit entferntem Horizont dürfte schon ein Stereofaktor von etwa 20% als völlig ausreichend gelten.

Materialien für gebräuchliche Linsenraster haben einen Brechungsindex von  $n = 1,5 \div 1,6$ , hohe Lichtdurchlässigkeit und geringen Trübheitsfaktor.

Erhält eine solche Zylinderlinsenrasterfläche auf der Rückseite eine diffus reflektierende Schicht, so läßt sich auch damit mit Hilfe mehrerer Projektoren und einer Reihe von verschiedenen Stereo-Einzelbildern in ihr ein Parallax-Stereogramm sichtbar machen, das allerdings hohe Qualitätsansprüche nicht voll erfüllt. Eine teilweise gerichtete Reflexion liefert weitaus bessere Ergebnisse. Es entstehen die besten Parallax-Stereogramme, wenn eine genügend große Projektorzahl in möglichst kleinem Abstand voneinander angeordnet ist. Der optimale Fall wäre, wenn Projektionsobjektiv neben Projektionsobjektiv läge.

Herkömmliche Zylinderlinsen haben Kreisbogenkrümmung. Die Linsenbreite ist zugleich die Rasterperiode  $p$  ("Pitch"). Die Dicke des Linsenrasters ist zusammen mit dem Rastermaß  $p$  mitbestimmend für die Projektorzahl und -entfernung. Für Zylinderlinsen gilt, daß nur achsnahe Strahlen mit geringer Zerstreuungsbreite abgebildet werden. Die Abbildungsqualität ist also abhängig vom Verhältnis Pitch  $p$  zu Dicke  $T$  bzw. vom Aperturwinkel  $2\Phi$  (vgl. Fig. 12). Je größer die Aperturwinkel  $2\Phi$ , umso größer ist der Beobachtungsbereich der einzelnen Stereopaare. Andererseits ist die Anzahl der Stereopaare begrenzt durch ihre endliche Zerstreuungsbreite. Je größer diese wird, umso unschärfer ist die Abbildung der gerasterten Bildstreifen. Damit verliert das Gesamtbild an Schärfe und wegen der Auffächerung der beim Austreten aus dem Linsenraster ausgetretenen Strahlen an räumliche Tiefe.

Weiterhin läßt sich nachweisen, daß ein schrägfallendes Strahlenbündel in kürzerem Abstand zur Linsenoberfläche fokussiert als ein achsnahe.

Daraus folgt, daß für die Projektionseinrichtung zwischen den unterschiedlichsten Vorgaben ein Kompromiß zu schließen ist, wobei den Strahlen im Zentrum des Rasters eine größere Bedeutung zukommt.

Von wesentlicher Bedeutung für die Erfindung ist insbesondere die Ausbildung der Zylinderlinsen. Der Öffnungsfehler kann, besonders bei großen Panoramagrammen mit extremer Defokussierung der Randstrahlen, vermieden werden, wenn die Krümmung der Linse asphärisch ist. In Fig. 13 ist ein leicht herstellbares und überprüfbares Profil mit hervorragenden Abbildungseigenschaften dargestellt, nämlich eine Ellipse, deren Achsverhältnisse sich nach der Pitchbreite und Dicke des Rasters richten, und deren große Achse parallel zur Projektionsfläche verläuft.

So kann bei einem gebräuchlichen Rastermaß von 0,4 mm bei einer Plattendicke von 1,5 mm mit der Ellipse des Achsenverhältnisses von 1,12 zu 1,00 im Vergleich zur Kreiszylinderlinse der Defokussierungsfehler von  $-4,6\%$  auf  $\pm 0,1\%$  verringert werden.

Die Fig. 14 zeigt die Anordnung der Projektoren in einer Projektionseinrichtung gemäß der Erfindung. Infolge großer Abmessungen der Objektive bzw. Gehäuse der Projektoren  $P_n$ , ohne die die erforderliche Lichtstärke für großflächige Projektionen nicht zur Verfügung gestellt werden könnte, ist deren Anordnung wie z. B. in Fig. 5, 6, 7, 8 und 9 dargestellt, d. h. direkt und eng nebeneinander im selben Panoramafeld  $PF$ , nicht möglich. Wie bereits im Zusammenhang mit den Erläuterungen zu den genannten Figuren erwähnt, gelangen die Lichtstrahlen auf dem Weg von den Projektoren  $P_n$  zum Linsenraster-Projektionsschirm  $LS$  durch die Linsen des Rasters und werden sowohl durch die auf dem Hinweg durchstrahlte Linse als auch durch deren benachbarte Zylinderlinsen reflektiert. Dieser Effekt, daß die sich jeweils im Rastermaß  $p$  hinter einer Zylinderlinse erzeugten Bildstreifen auch durch benachbarte Zylinderlinsen wahrnehmen lassen, wird nach der erfindungsgemäßen Lösung insoweit umgekehrt, als bereits für die Erzeugung der Bildstreifen hinter einer Zylinderlinse auch deren benachbarte Linsen herangezogen werden. Das bedeutet, die Projektoren  $P_n$  können sich in verschiedenen Panoramafeldern  $PF$  befinden, deren Abstand voneinander ein Vielfaches eines einzelnen Stereogrammes ist. Die Abmessungen der Projektoren sind damit bezüglich ihrer Anordnung in der Projektionseinrichtung unkritisch. Sie können — nach Möglichkeit — in derselben Höhenlage  $H$  montiert sein, so daß als Bildhöhendifferenz in Erscheinung tretende Projektionsfehler von vornherein vermeidbar sind.

Bei Panoramafeldern  $PF$  mit z. B. je 6 Einzelbildern, die jeweils im Augenabstand von 65 mm wahrnehmbar sein sollen, ist die Breite des Panoramafeldes  $PF$  fast 400 mm. Drei Panoramafelder  $PF$  stehen auf jeden Fall zur Verfügung, also fast 1200 mm für 6 Projektoren, im genannten Beispiel also pro Projektor etwa 200 mm.

Da in jedem Panoramafeld  $PF$  ein ausgesendeter Lichtstrahl auch in dieselbe Richtung reflektiert wird, müssen die Einzelbilder für die betreffenden Projektoren  $P_n$  so umgeordnet werden, daß diese Bedingung erfüllt wird. Die Projektoren in Fig. 14 sind dementsprechend numeriert.

Fig. 15 zeigt die Anwendung des Prinzips gemäß Fig. 14 auf eine Projektionseinrichtung, bei der Videoprojektoren mit getrennten Projektionsröhren für die drei Primärfarben — rot, grün, blau — eingesetzt werden. Die Breite der einzelnen Röhren mit Optik darf an sich den Augenabstand nicht überschreiten. Die Anordnung derartiger Projektionsröhren kann nur so vorgenommen werden, daß die drei Primärfarben für ein- und dasselbe Stereo-Teilbild auf drei Panoramafelder  $PF$  verteilt werden. Das bedeutet zum Beispiel, in einem ersten Panoramafeld  $PF$  befinden sich alle Projektionsröhren für die Primärfarbe rot für alle Stereo-Teilbilder, in einem zweiten Panoramafeld  $PF$  die für die Primärfarbe grün, die einem dritten die für die Primärfarbe blau. Bei herkömmlichen Drei-Röhren-Projektionseinrichtungen wäre die Projektion in Linsenrasterschirme nur mit übereinander angeordneten Projektionsröhren für die drei Primärfarben möglich. Dies hätte die bereits weiter oben schon genannten nachteiligen Verzerrungen zur Folge. Die Anordnung gemäß Fig. 15 gestattet insbesondere, mit Hilfe von Spiegelvorrichtungen einer einzigen Projektionsröhre die Funktion auch benachbarter Projektionsröhren zu übertragen, d. h. Projektionseinrichtungen einzusparen.

Wie weiter oben zu Fig. 9 erwähnt, ist auch in den Fig. 14 und 15 der Schirm  $PS/LS$  nur der Einfachheit der Darstellung halber ohne Krümmung gemäß Fig. 8 gezeigt. Die besonders bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung weisen außer den in Fig. 14 und 15 angegebenen Details auch die Krümmung des Schirmes  $PS/LS$  gemäß Fig. 8 auf.

Die Fig. 16 und 17 zeigen Objektive von Projektoren, wobei zur Erzielung einer hohen Lichtstärke große Objektive Verwendung finden sollen. Um ein Übersprechen zwischen benachbarten Einzelbildern zu vermeiden, sind die Objektive mit seitlich abschattenden Blenden  $B$  versehen. Es werden nur Lichtaustrittsöffnungen von ca. 65 mm Breite freigelassen. Diese sind jedoch ersichtlich lichtstärker als Objekte mit lediglich 65 mm Durchmesser und haben vor allem den Vorteil, daß durch die Geometrie der Blende die für das stereoskopische Sehen verantwortlichen senkrechten Kanten und Linien mit besserer Schärfe und höherem Kontrast abgebildet werden.

In Fig. 18 sind zur Veranschaulichung der Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der maximalen Projektorzahl  $Z_{max}$  die zugehörigen Parameter  $a$ ,  $e$ ,  $f$  und  $p$  angegeben.

Über die im Zusammenhang mit der hier vorgestellten Erfindung durchgeführten Arbeiten wird auch in einer Veröffentlichung berichtet, die — zumindest teilweise — im August-Heft 1985 der Zeitschrift "Fernseh- und Kino-Technik" erscheinen soll.

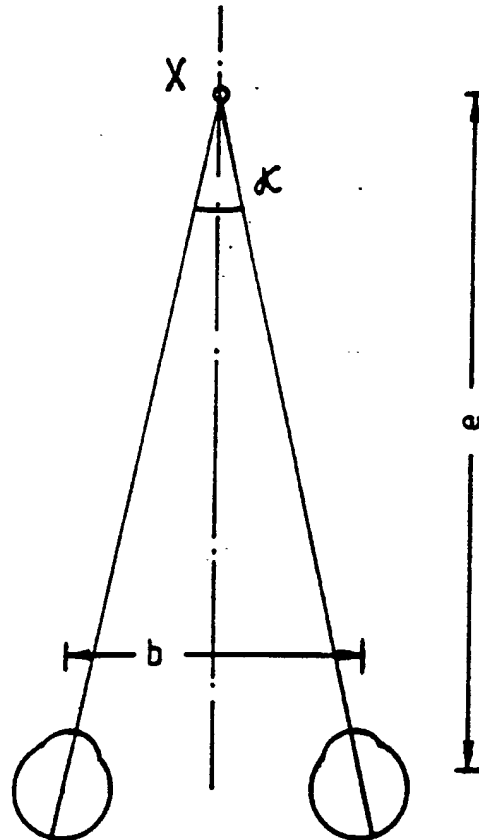


FIG. 1

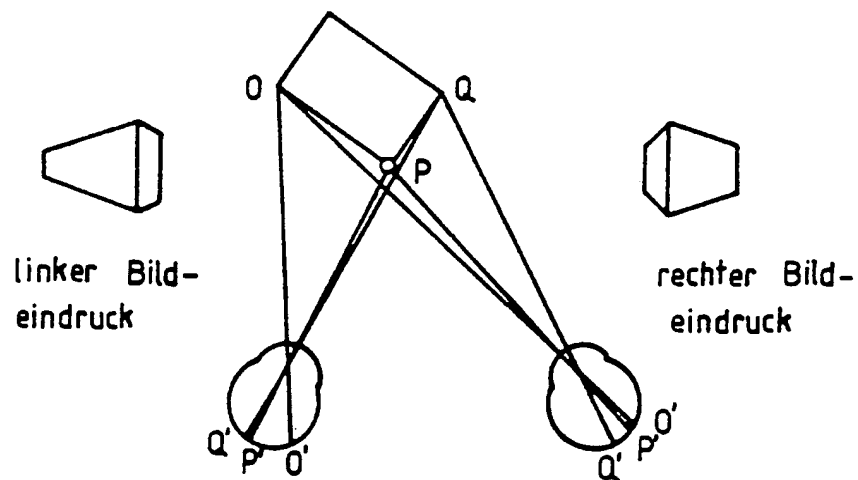
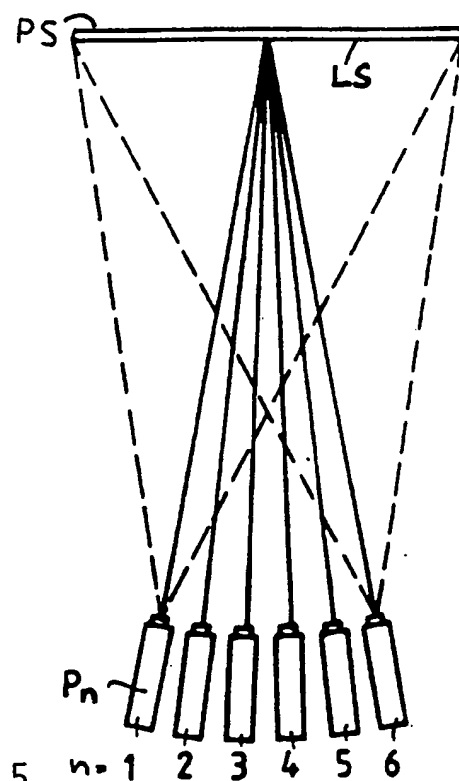
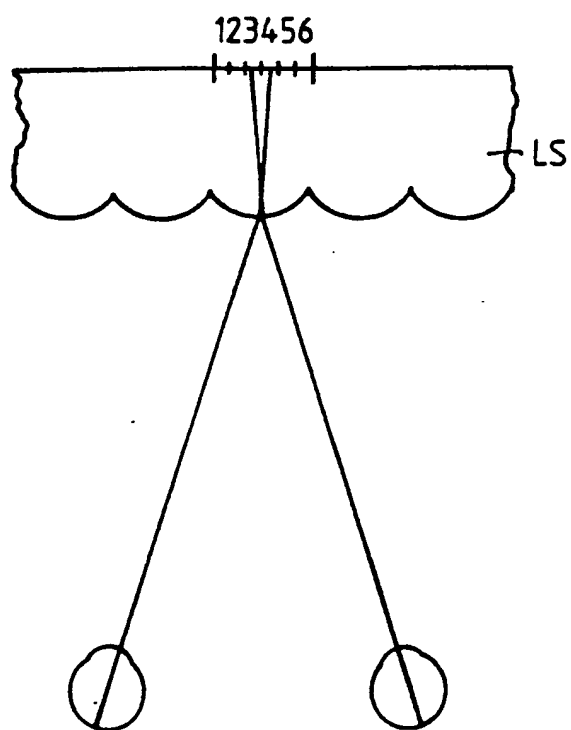
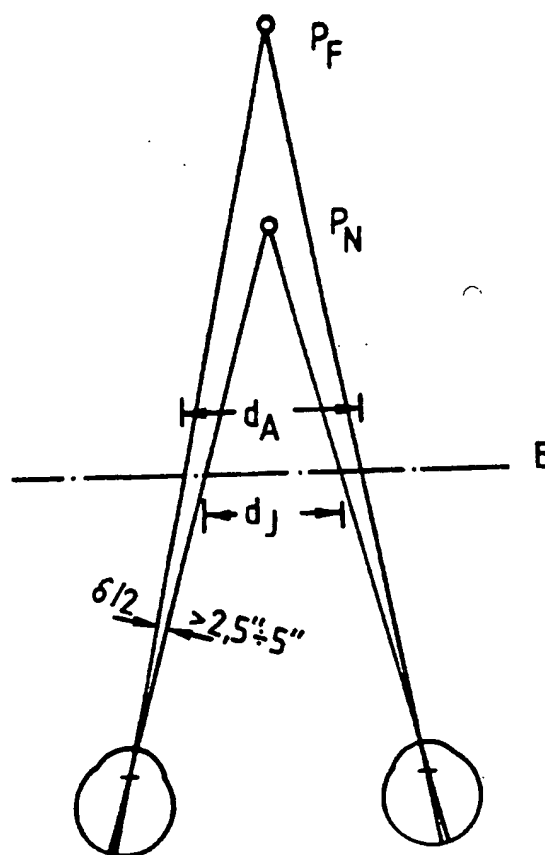


FIG. 2



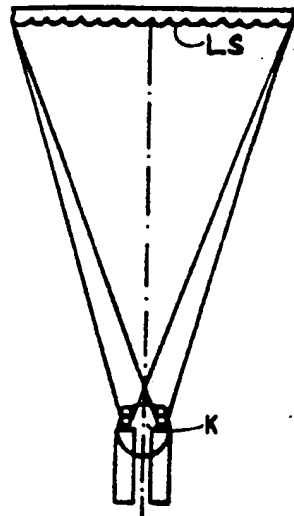


FIG. 6

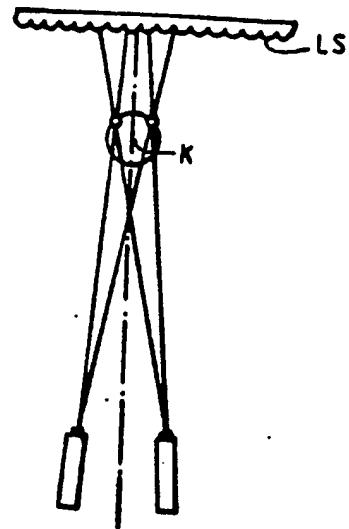


FIG. 7

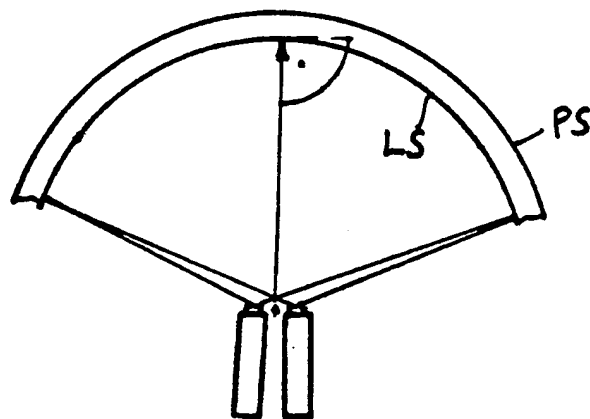


FIG. 8

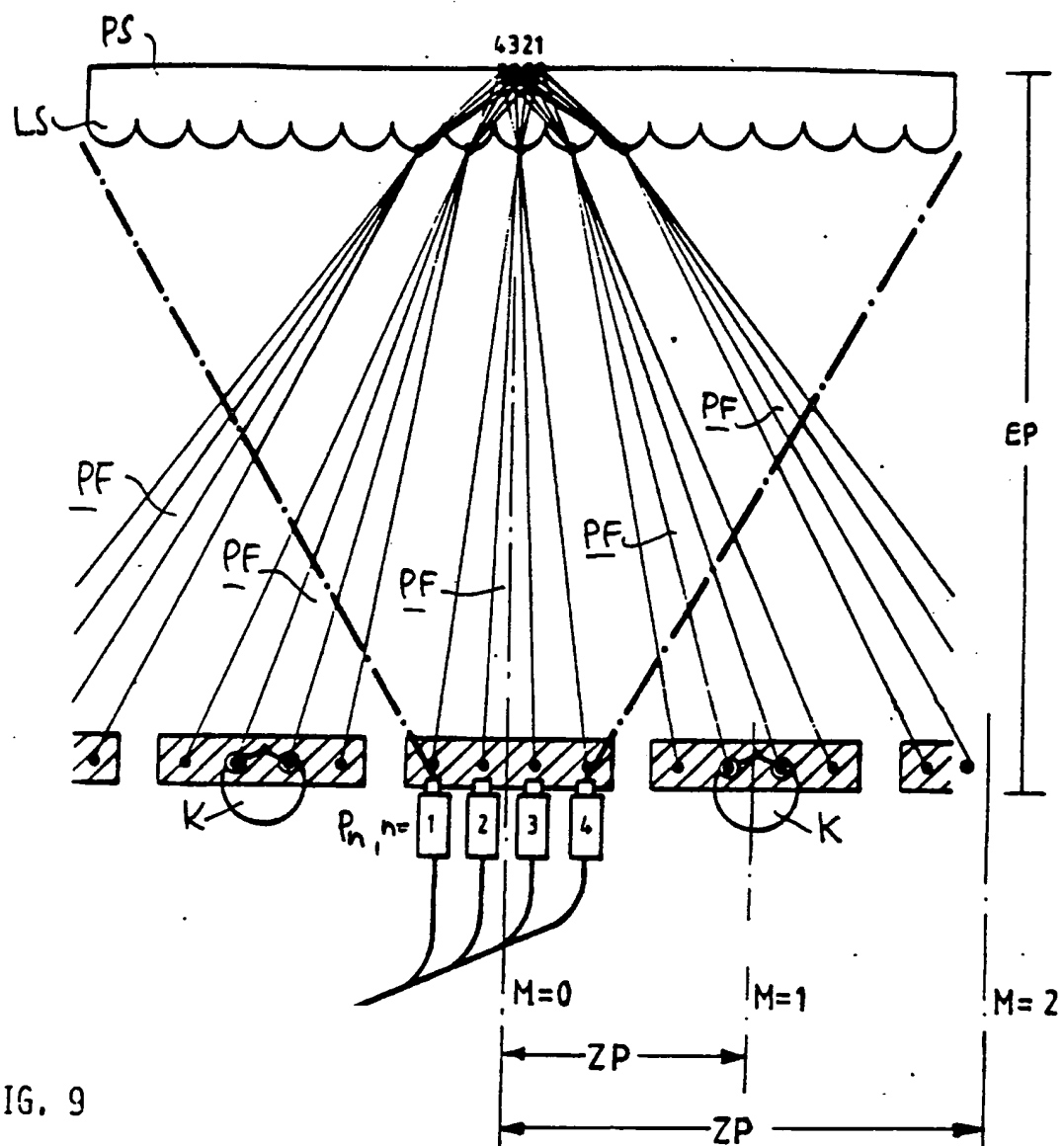


FIG. 9

ORIGINAL INSPECTED

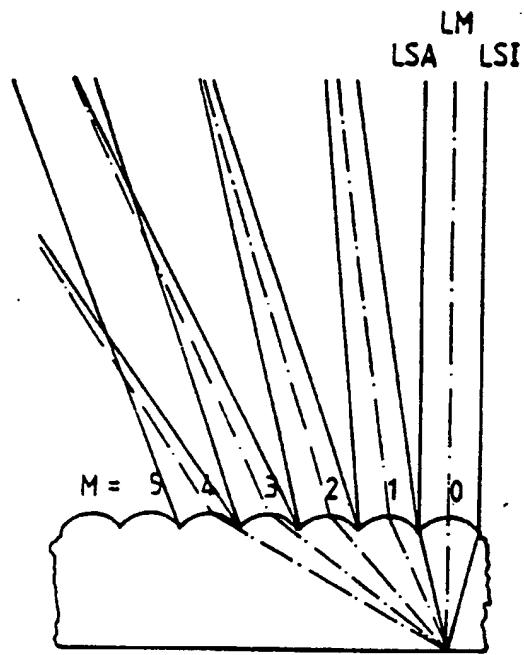


FIG. 10

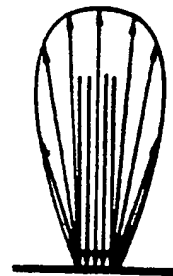


FIG. 11

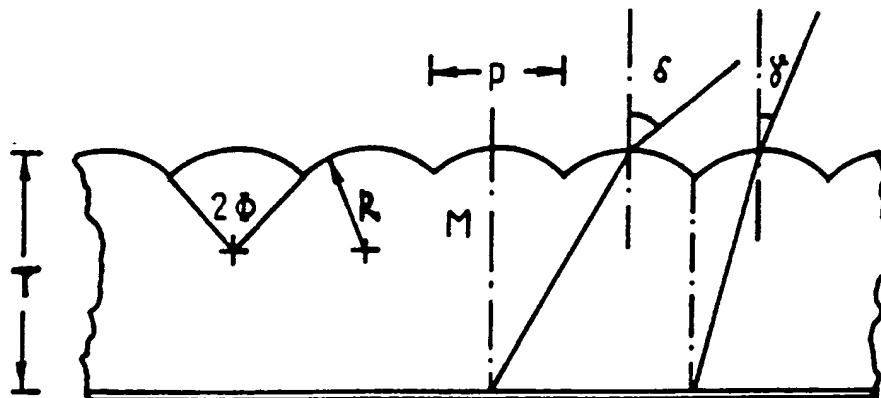


FIG. 12

ORIGINAL INSPECTED

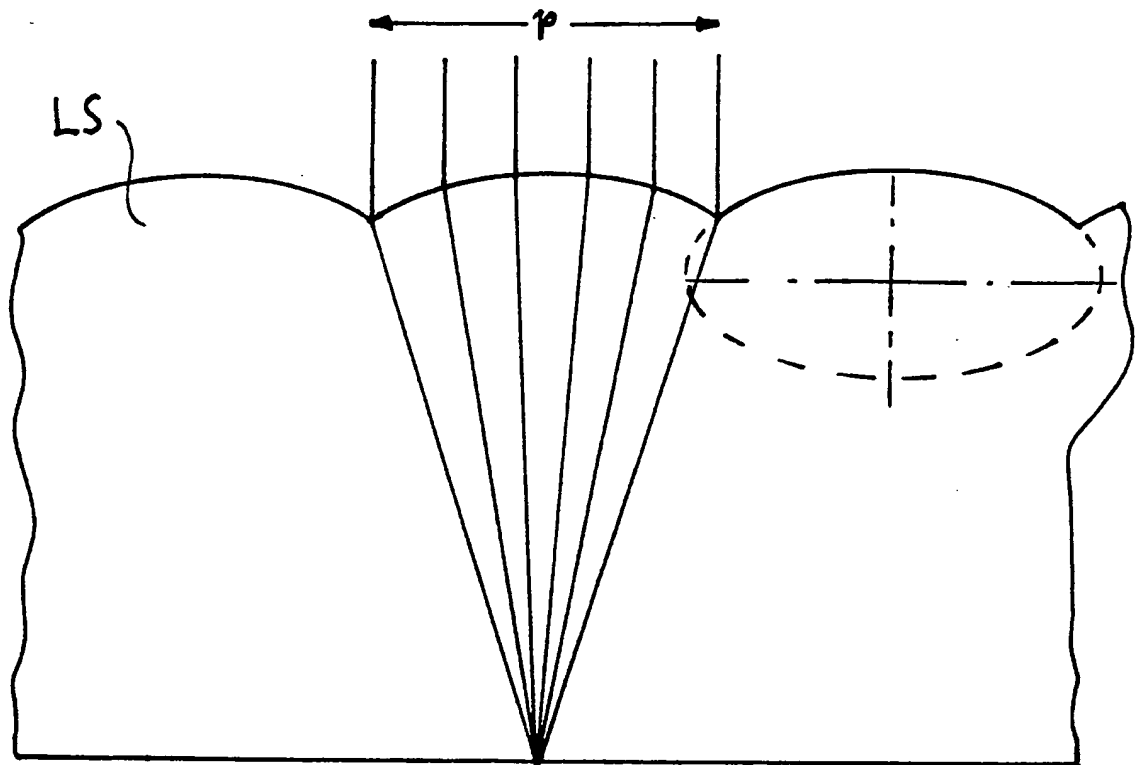


FIG. 13

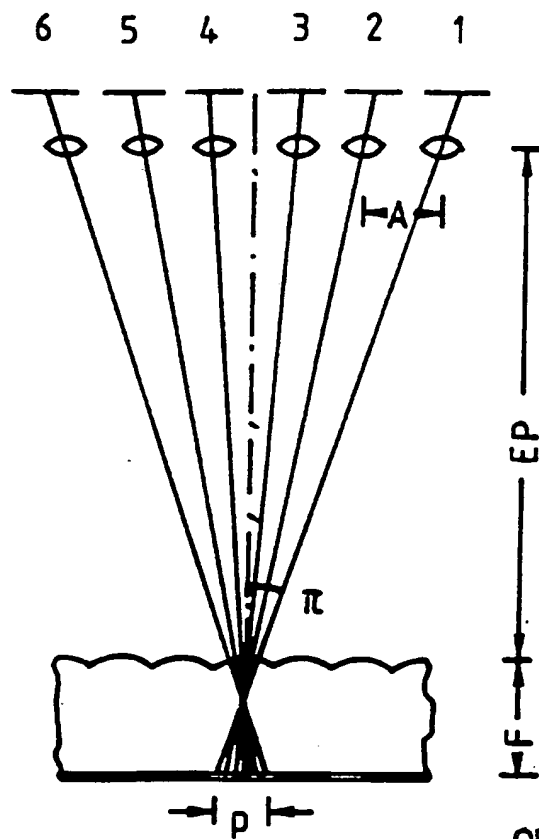


FIG. 18

ORIGINAL INSPECTED



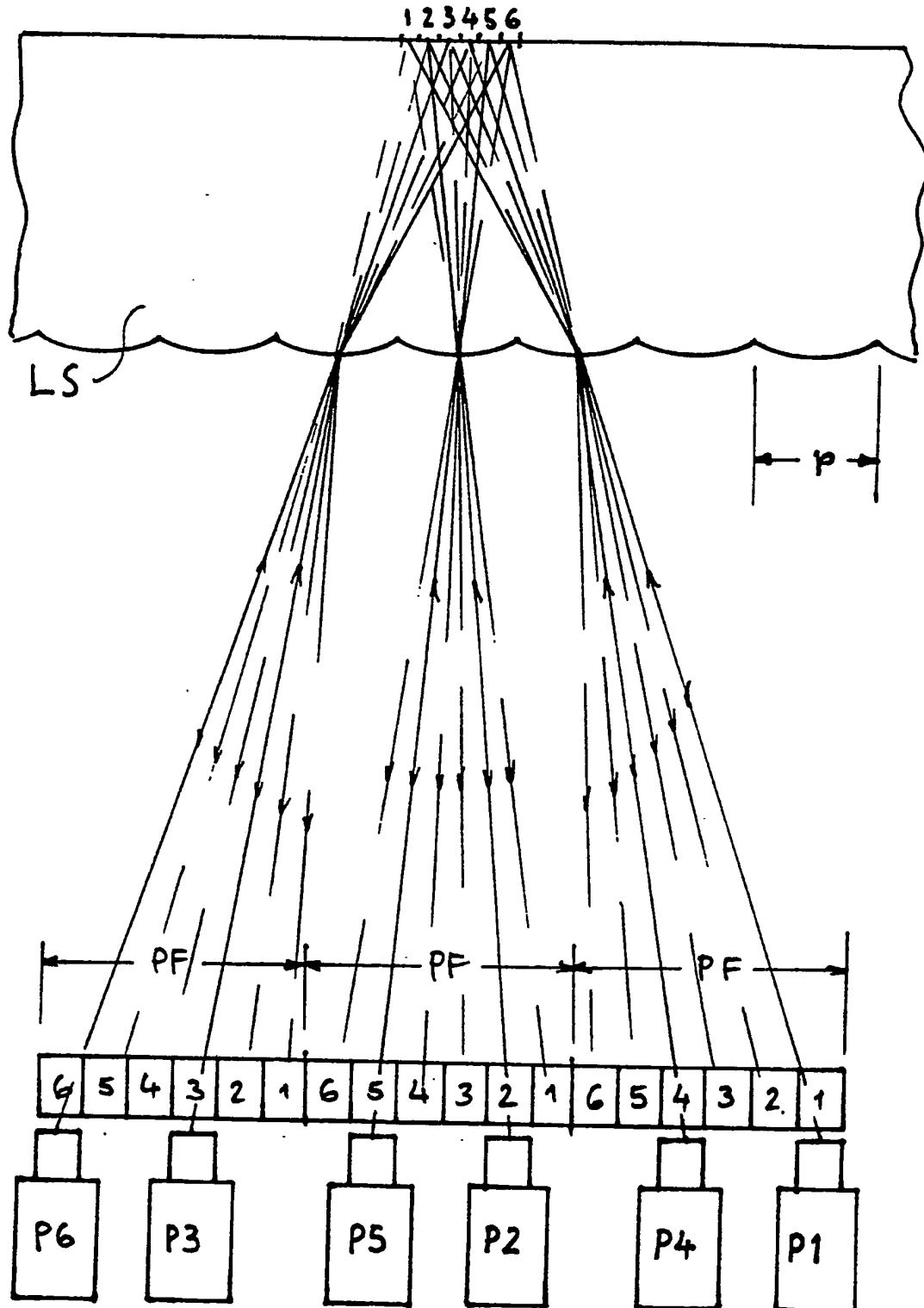


FIG. 14

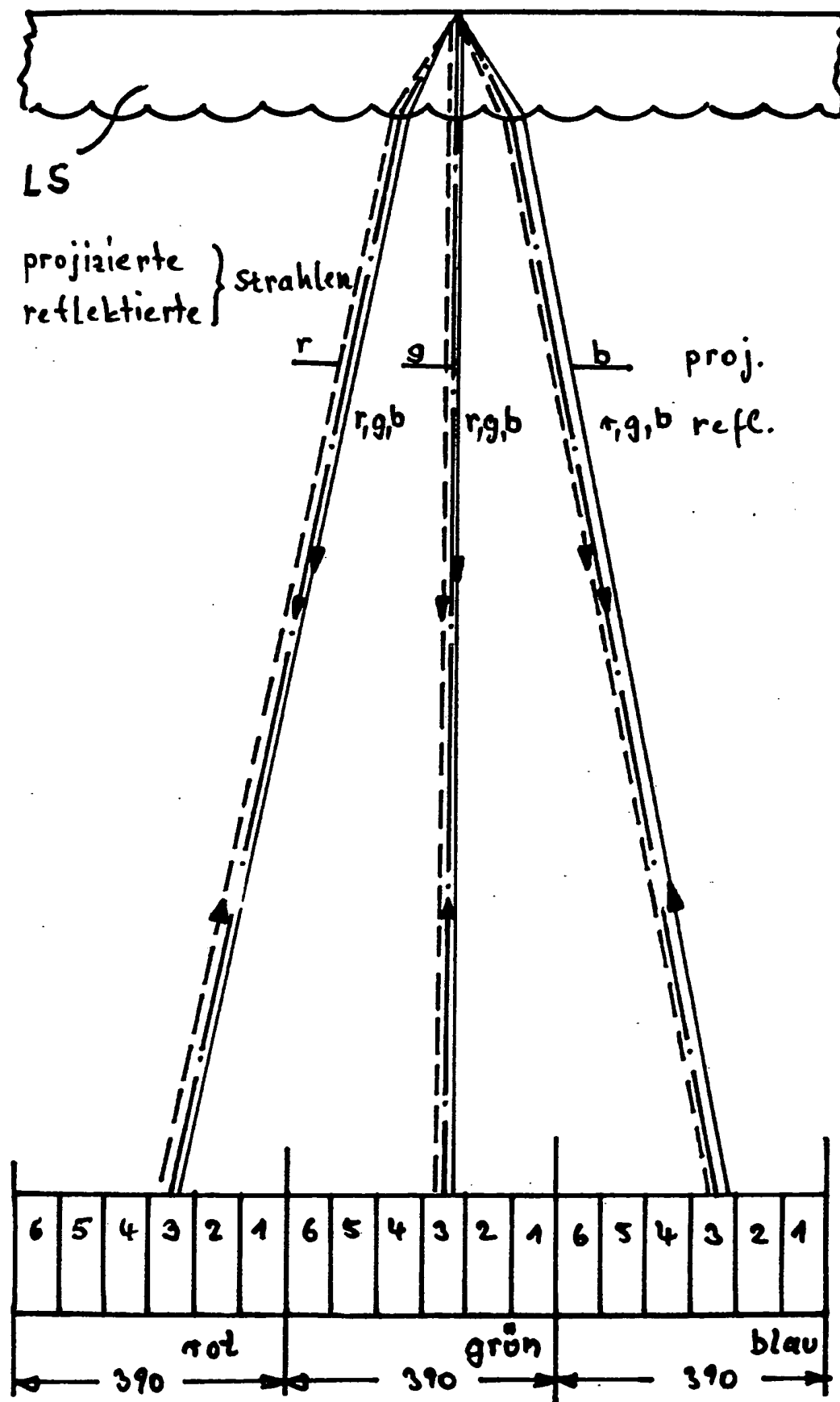


FIG. 15

ORIGINAL INSPECTED

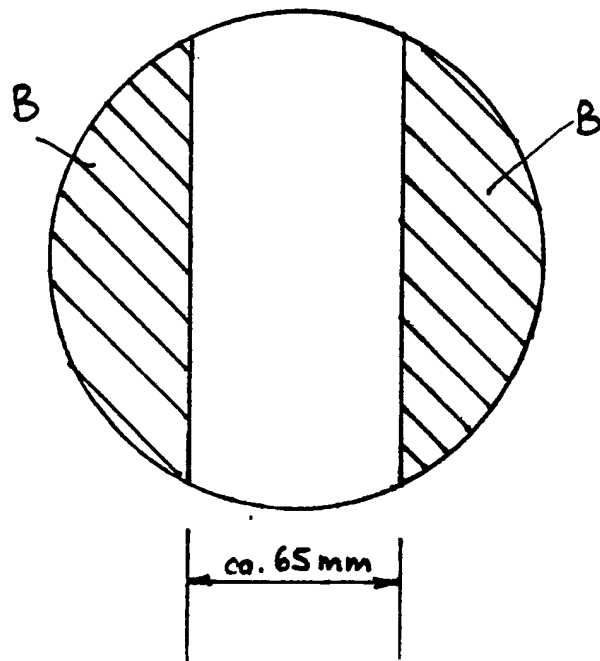


FIG. 16

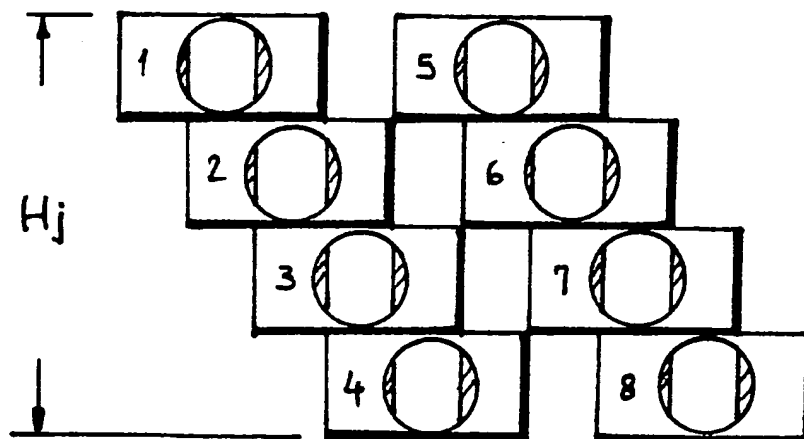


FIG. 17

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**